

# シンガポールのキャベナ橋

高崎一郎\*  
清水切雄\*\*

材料や技術の進歩との関係もあるだろうが橋梁の形式にも時代による一種の流行のようなものがあるように思われる。昨今では日本はもちろん、世界的に斜張橋がブームの観を呈しており、支間の延長はもとより、材料、構造についても多くの試みがなされている。しかし、斜めに張ったケーブルで桁を吊ると言う、斜張橋の考え方そのものはかなり古く、古典的な構造形式の一つと言って良い。シンガポールのCavenagh橋もロンドンのAlbert橋と並んで“鉄”を材料としたこの種の形式の最も古い例である。

筆者らは、たまたまこの歴史的な橋を見学する機会を得たのでその概要を報告させていただく。

同橋はシンガポールの港に注ぐ延長僅か2.3kmのシンガポール川の河口付近に位置しており、エリザベスウォーク、ビクトリア・メモリアルホール、移民局など古いヨーロッパの面影を濃く残す観光の中心地に在る。また金融・貿易の一大中心として近年大きな経済発展を成し遂げた同国の心臓部として超高層ビルが林立し、本橋の足元でも今、日本の大手建設業者の手で地下鉄工事が進められている。

Cavenagh橋の一般図を図-1に示す。本橋に関する文献は多くはないが、当時の英字紙“ENGINEERING”の1868年7月10日付の紙面に建設当時の模様はかなり詳しく掲載されている。同紙によれば、本橋はシンガポールで長年公共事業の推進に当たっていたCollyer,R.E大佐の指導のもとにRowland.N.Ordishによって設計された。製作は英グラスゴーに在るCluta鉄工所でなされ、数週間かかって現地へ輸送された。設計荷重は明らかでないが、車道（と言っても馬車の通行のため）巾員21ft、両側に6ftずつの歩道を有し、架設に先立つ組立（いわゆる仮組立て？）で活荷重の2倍、自重の4倍に当たる荷重を載荷して試験したとあるから、概ねその値が知れる。試算の結果、架設当初の死荷重は全橋で約620tと算出されている。

“ENGINEERING”紙の見出し部分を写真-2に示す。また、高欄にはめ込まれた橋歴板から、“1868…GLASGOW”が読み取れる（写真-3）。

基礎はいわゆるベタ基礎のようで、石造のアバットの上にこれまた石造の塔が立ち上がり、ローラー支承を介してチェーン群を渡している。チェーン群はボックス

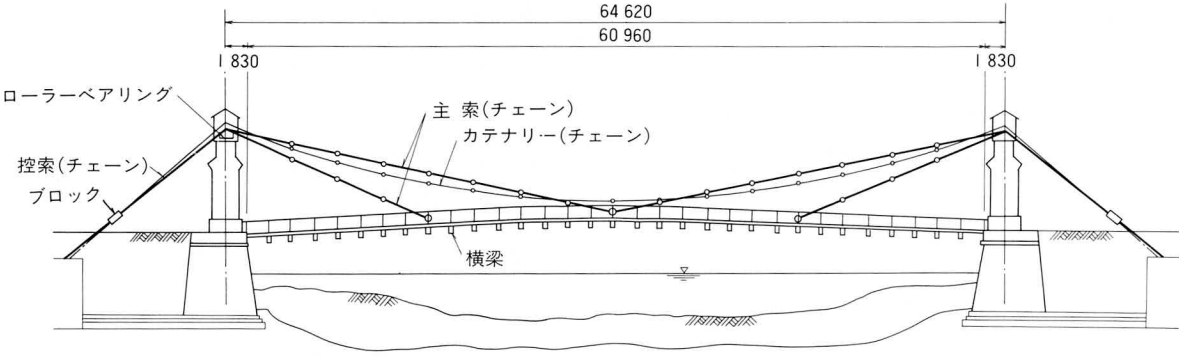


図-1 CAVENAGH橋一般図

\* 技術本部設計部長  
\*\* 技術本部技術開発部付課長



写真-1 全景

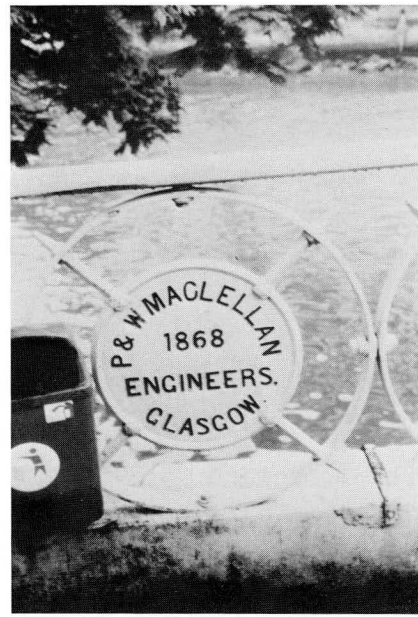


写真-3 高欄にはめ込まれた橋歴板



写真-2 1868.7.10付“ENGINEERING”



写真-5 チェーンの主桁への碇着

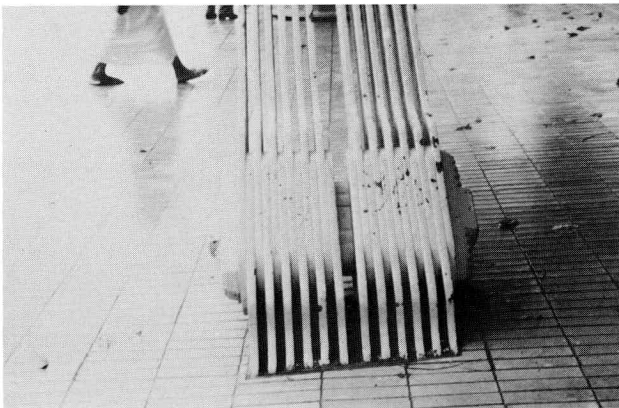


写真-4 バックステーのクサビブロック

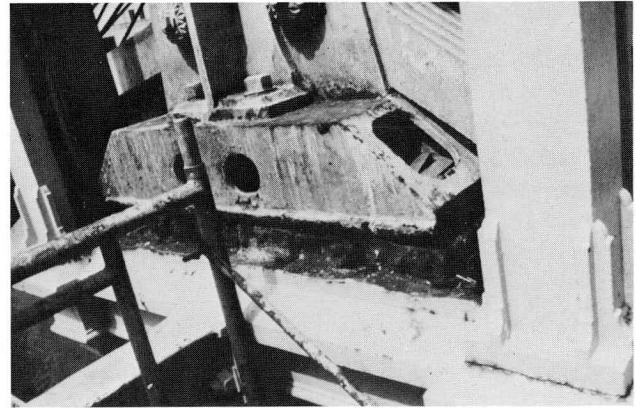


写真-6 塔頂のローラー支承

ティ区間で一つにまとめられ、誤差調整用と思われるクサビブロック **写真-4** を介してアンカーブロックに礎着されている。このアンカーブロックは **図-1** に見られるように地中でアバットと連結され、水平移動の防止に対処している。

主桁は型材の組み合わせによる桁高1220mmのI型断面で、歩車道の境界部に位置し、支間の4等分点でチェーンによって支持され、単径間の斜張橋を構成している (**写真-5**)。この系の解析は、前期“ENGINEERING”紙によれば設計者(既述)の理論“The Rigid Suspension Principle”によったとのことであるが、要するにケーブルの主桁への礎着点を剛支点と考えた連続桁として扱っているようである。ちなみに変形を考慮した筆者らの試算では、活荷重に対してケーブル張力および主桁の曲げモーメントに最大5%程度の差が生じる。

さて、**図**および**写真**に見られるように、本橋のチェーンシステムには直接主桁を支持する直線状のケーブルの他に、径間全長にわたって張られているカテナリー状のチェーンが存在する。構造系から明らかなようにこのチェーンには主荷重による張力は殆んど生じないはずで、専ら主桁を支持する他のチェーンの自重による垂直変位を防止し、サグによる見掛上の引張剛性の低下を避けるためと想像される。当時の材料(後述)の強度から必然的にチェーンは相当な重量となり、死荷重による張力だけではそのサグの影響が無視出来ないからである。先の“Rigid Suspension”なる表現はこうした配慮を指しているであろう。塔頂にローラーとピンを組み合わせた支承を配し、塔前後のチェーン張力水平成分の差による塔躯体およびその基部の曲げモーメントの発生を防ぐ構造となっているが、現在では**写真-6**に見られるように腐蝕によってローラーは変形し、可動支承としての機能を全く有していない。

さて、シンガポール当局に保存されている“Bridge History Book”なるものによれば、本橋は1936年(昭和11年)2月に大掛りな補修作業がおこなわれたようで、主桁の補強、端部支承の取り替え、補剛材の追加、横桁のコンクリートによる巻き込み等が実施され、死荷重は350t程増加したと記録されている。

そのため現在の外観からは床組の様子等は良く判からないが、建設当初は約2m間隔の横桁間に張られたバックルプレート上にアスファルトとコルクを満たし、表層は3インチ厚の木材のブロックであったらしい。このブロックの表面には馬の足掛りを良くするために溝が掘ら

れているとの記述が面白い。

さて本橋に用いられている鉄材の材質については詳らかではないが、“ENGINEERING”紙、および組立て時の試験載荷々重の強度等から、主桁・横桁・支承は鑄鉄(CAST IRON)、チェーンは錬鉄(WROUGHT IRON)であろうと考えられている。当時の鑄鉄は“VICTORIAN IRON”と呼ばれ、現在の黒鉛鑄鉄に相当するものであるが、鑄造法の微妙な違いや、含まれている成分の差によって強度が大きくばらついている。W.Noble Twelvetrees (//)<sup>1)</sup>は**表-1**を示し、また1909年の英国では、鑄鉄、錬鉄に対する許容応力度として**表-2**を与えている<sup>2)</sup>。周知のように鑄鉄は延性に乏しく、内部欠陥を含みやすいこと、低温ぜい性が良くないなどの欠点がある反面、鋼材に比べて著しくさび難い長所があり、本橋のような歴史的な構造物が120年も経た現在なお健在であることの大きな理由となっている。

なお本Cavenagh橋は、現在歩行者専用橋として使われている。

本文に引用した資料の入手に当たっては、鹿島建設(株)の牧野洋氏にお世話になった。末筆ながらここに心から感謝申し上げる次第である。

表-1 鑄鉄の強度<sup>1)</sup>

項目	強度 (N/mm <sup>2</sup> )	
引張強度	77~232	平均114
ヤング係数	82,000~158,700	平均117,300
圧縮強度	309~989	平均742
せん断強度	平均131	

(W. Noble Twelvetreesによる)

表-2 鉄材の許容応力度<sup>2)</sup> (N/mm<sup>2</sup>)

	鑄鉄 (Cast Iron)	錬鉄 (Wrought Iron)	軟鋼 (Mild Steel)
引張応力度	23	77	116
圧縮応力度	124	77	116
せん断応力度	23	62	85
支圧応力度	154	109	171

(英国 1909制定)

#### <参考文献>

- 1) TWELVETREES, W. NOBLE: Editor: Rington's notes on Building Construction. Part 1. 1915
- 2) London Country Council (General Powers) Act. 1. 1909
- 3) 成瀬: 斜張橋の沿革と変遷、橋梁と基礎、昭和60年8月